

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
24 juin 2004 (24.06.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/053517 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : G01S 7/40,
G01R 27/28

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2003/050945

(22) Date de dépôt international :
4 décembre 2003 (04.12.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0215839 10 décembre 2002 (10.12.2002) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
THALES [FR/FR]; 45, rue de Villiers, F-92526 Neuilly
Sur Seine (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : QUIEVY, Di-
dier [FR/FR]; Thales, Intellectual Property, 31-33, avenue
Aristide Briand, F-94117 Arcueil Cedex (FR).

(74) Mandataires : CHAPEROT, Ivan etc.; Thales, Intellec-
tual Property, 31-33, avenue Aristide Briand, F-94117 Ar-
cueil Cedex (FR).

(81) État désigné (national) : US.

(84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,
IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

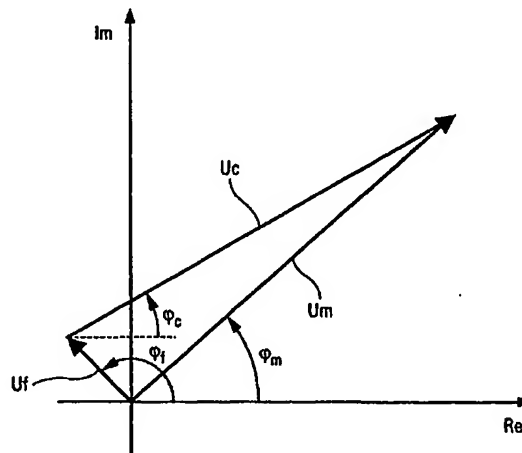
Publiée :

— avec rapport de recherche internationale
— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des
revendications, sera republiée si des modifications sont re-
çues

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD OF CALIBRATING A MICROWAVE SOURCE

(54) Titre : PROCEDE DE CALIBRATION D'UNE SOURCE HYPERFREQUENCE



(57) Abstract: The invention relates to a method for the phase calibration of a microwave source. The inventive method comprises the following steps consisting in: closing the calibration circuit, the calibration circuit comprising an injection channel which is connected to a measuring channel by means of the source to be calibrated; injecting a test signal through the source to be calibrated, the test signal being injected at the injection channel; and measuring the phase, ϕ_m , of the signal that has passed through the source to be calibrated, the phase of the signal being measured at the measuring channel. The invention is characterised in that: the amplitude, A_m , of the signal that has passed through the source to be calibrated is measured, the amplitude of the signal being measured at the measuring channel; the calibration circuit is opened at the source to be calibrated; the test signal is injected at the injection channel; the phase ϕ_f and the amplitude A_f of the signal present at the measuring channel are measured; the corrected phase value ϕ_c is determined, said corrected phase being the phase of a complex number U_c which is calculated from two complex numbers U_m and U_f , wherein $U_m = A_m \cdot \exp(i \cdot \phi_m)$ and $U_f = A_f \cdot \exp(i \cdot \phi_f)$.

[Suite sur la page suivante]

WO 2004/053517 A1



En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un procédé de calibration de phase d'une source hyperfréquence, dans lequel : on ferme un circuit de calibration, le circuit de calibration comprenant une voie d'injection reliée à une voie de mesure par l'intermédiaire de la source à calibrer; on injecte un signal de test à travers la source à calibrer, le signal de test étant injecté sur la voie d'injection, on mesure la phase ϕ_m du signal ayant traversé la source à calibrer, la phase du signal étant mesurée sur la voie de mesure, caractérisé en ce que : on mesure l'amplitude A_m du signal ayant traversé la source à calibrer, l'amplitude du signal étant mesurée sur la voie de mesure ; on ouvre le circuit de calibration au niveau de la source à calibrer; on injecte le signal de test sur la voie d'injection ; on mesure la phase ϕ_f et l'amplitude A_f du signal présent sur la voie de mesure ; on détermine une valeur de phase ϕ_c , corrigée, cette phase corrigée étant la phase d'un nombre complexe U_c , calculé à partir de deux nombres complexes U_m et U_f , où $U_m = A_m \cdot \exp(i \cdot \phi_m) U_f = A_f \cdot \exp(i \cdot \phi_f)$.

TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS

PCT

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

(article 18 et règles 43 et 44 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire 62941	POUR SUITE A DONNER voir la notification de transmission du rapport de recherche internationale (formulaire PCT/ISA/220) et, le cas échéant, le point 5 ci-après	
Demande internationale n° PCT/EP 03/50945	Date du dépôt international (jour/mois/année) 04/12/2003	(Date de priorité (la plus ancienne) (jour/mois/année) 10/12/2002
Déposant THALES		

Le présent rapport de recherche internationale, établi par l'administration chargée de la recherche internationale, est transmis au déposant conformément à l'article 18. Une copie en est transmise au Bureau International.

Ce rapport de recherche internationale comprend 4 feuilles.

☒ Il est aussi accompagné d'une copie de chaque document relatif à l'état de la technique qui y est cité.

1. Base du rapport

a. En ce qui concerne la **langue**, la recherche internationale a été effectuée sur la base de la demande internationale dans la langue dans laquelle elle a été déposée, sauf indication contraire donnée sous le même point.

☐ la recherche internationale a été effectuée sur la base d'une traduction de la demande internationale remise à l'administration.

b. En ce qui concerne les **séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), la recherche internationale a été effectuée sur la base du listage des séquences :

☐ contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.

☐ déposée avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.

☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.

☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.

☐ La déclaration, selon laquelle le listage des séquences présenté par écrit et fourni ultérieurement ne va pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.

☐ La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous forme déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences présenté par écrit, a été fournie.

2. ☐ Il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (voir le cadre I).

3. ☐ Il y a absence d'unité de l'invention (voir le cadre II).

4. En ce qui concerne le **titre**,

☒ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant.

☐ Le texte a été établi par l'administration et a la teneur suivante:

5. En ce qui concerne l'**abrégé**,

☒ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant

☐ le texte (reproduit dans le cadre III) a été établi par l'administration conformément à la règle 38.2b). Le déposant peut présenter des observations à l'administration dans un délai d'un mois à compter de la date d'expédition du présent rapport de recherche internationale.

6. La figure des dessins à publier avec l'abrégé est la Figure n°

☒ suggérée par le déposant.

☐ parce que le déposant n'a pas suggéré de figure.

☐ parce que cette figure caractérise mieux l'invention.

6
☐ Aucune des figures n'est à publier.

UNITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS

THALES TPI

62 941 WO CH P

Expéditeur : L'ADMINISTRATION CHARGÉE DE
LA RECHERCHE INTERNATIONALE

018466 19 AVR 8

Destinataire

THALES
Intellectual Property
A l'att. de Chaperot, Ivan
31-33, avenue Aristide Briand
F-94117 Arcueil Cedex
FRANCE

NOTIFICATION DE TRANSMISSION DU
RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE
OU DE LA DECLARATION

(règle 44.1 du PCT)

Date d'expédition
(jour/mois/année)

19/04/2004

Référence du dossier du déposant ou du mandataire

62941

POUR SUITE A DONNER

voir les paragraphes 1 et 4 ci-après

Demande internationale n°

PCT/EP 03/50945

Date du dépôt international
(jour/mois/année)

04/12/2003

Déposant

THALES

1. ☒ Il est notifié au déposant que le rapport de recherche internationale a été établi et lui est transmis ci-joint.

Dépôt de modifications et d'une déclaration selon l'article 19 :

Le déposant peut, s'il le souhaite, modifier les revendications de la demande internationale (voir la règle 46):

Quand? Le délai dans lequel les modifications doivent être déposées est de deux mois à compter de la date de transmission du rapport de recherche internationale ; pour plus de précisions, voir cependant les notes figurant sur la feuille d'accompagnement.

Où? Directement auprès du Bureau International de l'OMPI
34, chemin des Colombettes
1211 Genève 20, Suisse
n° de télécopieur: (41-22)740.14.35

Pour des instructions plus détaillées, voir les notes sur la feuille d'accompagnement.

2. ☐ Il est notifié au déposant qu'il ne sera pas établi de rapport de recherche internationale et la déclaration à cet effet, prévue à l'article 17.2(a), est transmise ci-joint.

3. ☐ **En ce qui concerne la réserve** pouvant être formulée, conformément à la règle 40.2, à l'égard du paiement d'une ou de plusieurs taxes additionnelles, il est notifié au déposant que

☐ la réserve ainsi que la décision y relative ont été transmises au Bureau international en même temps que la requête du déposant tendant à ce que le texte de la réserve et celui de la décision en question soient notifiés aux offices désignés.

☐ la réserve n'a encore fait l'objet d'aucune décision; dès qu'une décision aura été prise, le déposant en sera avisé.

4. **Mesure(s) consécutive(s) :** Il est rappelé au déposant ce qui suit:

Peu après l'expiration d'un délai de **18 mois** à compter de la date de priorité, la demande internationale sera publiée par le Bureau international. Si le déposant souhaite éviter ou différer la publication, il doit faire parvenir au Bureau international une déclaration de retrait de la demande internationale, ou de la revendication de priorité, conformément aux règles 90bis.1 et 90bis.3, respectivement, avant l'achèvement de la préparation technique de la publication internationale.

Dans un délai de **19 mois** à compter de la date de priorité, le déposant doit présenter la demande d'examen préliminaire international s'il souhaite que l'ouverture de la phase nationale soit reportée à 30 mois à compter de la date de priorité (ou même au-delà dans certains offices).

Dans un délai de **20 mois** à compter de la date de priorité, le déposant doit accomplir les démarches prescrites pour l'ouverture de la phase nationale auprès de tous les offices désignés qui n'ont pas été élus dans la demande d'examen préliminaire international ou dans une élection ultérieure avant l'expiration d'un délai de 19 mois à compter de la date de priorité ou qui ne pouvaient pas être élus parce qu'ils ne sont pas liés par le chapitre II.

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale



Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL-2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Patricia Sánchez Gómez

(7)

NOTES RELATIVES AU FORMULAIRE PCT/ISA/220

Les présentes notes sont destinées à donner les instructions essentielles concernant le dépôt de modifications selon l'article 19. Les notes sont fondées sur les exigences du Traité de coopération en matière de brevets (PCT), du règlement d'exécution et des instructions administratives du PCT. En cas de divergence entre les présentes notes et ces exigences, ce sont ces dernières qui priment. Pour de plus amples renseignements, on peut aussi consulter le Guide du déposant du PCT, qui est une publication de l'OMPI.

Dans les présentes notes, les termes "article", "règle" et "instruction" renvoient aux dispositions du traité, de son règlement d'exécution et des instructions administratives du PCT, respectivement.

INSTRUCTIONS CONCERNANT LES MODIFICATIONS SELON L'ARTICLE 19

Après réception du rapport de recherche internationale, le déposant a la possibilité de modifier une fois les revendications de la demande internationale. On notera cependant que, comme toutes les parties de la demande internationale (revendications, description et dessins) peuvent être modifiées au cours de la procédure d'examen préliminaire international, il n'est généralement pas nécessaire de déposer de modifications des revendications selon l'article 19 sauf, par exemple, au cas où le déposant souhaite que ces dernières soient publiées aux fins d'une protection provisoire ou à une autre raison de modifier les revendications avant la publication internationale. En outre, il convient de rappeler que l'obtention d'une protection provisoire n'est possible que dans certains Etats.

Quelles parties de la demande internationale peuvent être modifiées?

Selon l'article 19, les revendications exclusivement.

Durant la phase internationale, les revendications peuvent aussi être modifiées (ou modifiées à nouveau) selon l'article 34 auprès de l'administration chargée de l'examen préliminaire international. La description et les dessins ne peuvent être modifiées que selon l'article 34 auprès de l'administration chargée de l'examen préliminaire international.

Lors de l'ouverture de la phase nationale, toutes les parties de la demande internationale peuvent être modifiées selon l'article 28 ou, le cas échéant, selon l'article 41.

Quand?

Dans un délai de deux mois à compter de la date de transmission du rapport de recherche internationale ou de 16 mois à compter de la date de priorité, selon l'échéance la plus tardive. Il convient cependant de noter que les modifications seront réputées avoir été reçues en temps voulu si elles parviennent au Bureau international après l'expiration du délai applicable mais avant l'achèvement de la préparation technique de la publication internationale (règle 46.1).

Où ne pas déposer les modifications?

Les modifications ne peuvent être déposées qu'auprès du Bureau international; elles ne peuvent être déposées ni auprès de l'office récepteur ni auprès de l'administration chargée de la recherche internationale (règle 46.2).

Lorsqu'une demande d'examen préliminaire international a été/est déposée, voir plus loin.

Comment?

Soit en supprimant entièrement une ou plusieurs revendications, soit en ajoutant une ou plusieurs revendications nouvelles ou encore en modifiant le texte d'une ou de plusieurs revendications telles que déposées.

Une feuille de remplacement doit être remise pour chaque feuille des revendications qui, en raison d'une ou de plusieurs modifications, diffère de la feuille initialement déposée.

Toutes les revendications figurant sur une feuille de remplacement doivent être numérotées en chiffres arabes. Si une revendication est supprimée, il n'est pas obligatoire de renuméroter les autres revendications. Chaque fois que des revendications sont renumérotées, elles doivent l'être de façon continue (instruction 205.b)).

Les modifications doivent être effectuées dans la langue dans laquelle la demande internationale est publiée.

Quels documents doivent/puvent accompagner les modifications?

Lettre (instruction 205.b)):

Les modifications doivent être accompagnées d'une lettre.

La lettre ne sera pas publiée avec la demande internationale et les revendications modifiées. Elle ne doit pas être confondue avec la "déclaration selon l'article 19.1)" (voir plus loin sous "Déclaration selon l'article 19.1)").

La lettre doit être rédigée en anglais ou en français, au choix du déposant. Cependant, si la langue de la demande internationale est l'anglais, la lettre doit être rédigée en anglais; si la langue de la demande internationale est le français, la lettre doit être rédigée en français.

NOTES RELATIVES AU FORMULAIRE PCT/ISA/220 (suite)

La lettre doit indiquer les différences existant entre les revendications telles que déposées et les revendications telles que modifiées. Elle doit indiquer en particulier, pour chaque revendication figurant dans la demande internationale (étant entendu que des indications identiques concernant plusieurs revendications peuvent être groupées), si

- i) la revendication n'est pas modifiée;
- ii) la revendication est supprimée;
- iii) la revendication est nouvelle;
- iv) la revendication remplace une ou plusieurs revendications telles que déposées;
- v) la revendication est le résultat de la division d'une revendication telle que déposée.

Les exemples suivants illustrent la manière dont les modifications doivent être expliquées dans la lettre d'accompagnement:

1. [Lorsque le nombre des revendications déposées initialement s'élevait à 48 et qu'à la suite d'une modification de certaines revendications il s'élève à 51]:
"Revendications 1 à 15 remplacées par les revendications modifiées portant les mêmes numéros; revendications 30, 33 et 36 pas modifiées; nouvelles revendications 49 à 51 ajoutées."
2. [Lorsque le nombre des revendications déposées initialement s'élevait à 15 et qu'à la suite d'une modification de toutes les revendications il s'élève à 11]:
"Revendications 1 à 15 remplacées par les revendications modifiées 1 à 11."
3. [Lorsque le nombre des revendications déposées initialement s'élevait à 14 et que les modifications consistent à supprimer certaines revendications et à en ajouter de nouvelles]:
"Revendications 1 à 6 et 14 pas modifiées; revendications 7 à 13 supprimées; nouvelles revendications 15, 16 et 17 ajoutées." ou
"Revendications 7 à 13 supprimées; nouvelles revendications 15, 16 et 17 ajoutées; toutes les autres revendications pas modifiées."
4. [Lorsque plusieurs sortes de modifications sont faites]:
"Revendications 1-10 pas modifiées; revendications 11 à 13, 18 et 19 supprimées; revendications 14, 15 et 16 remplacées par la revendication modifiée 14; revendication 17 divisée en revendications modifiées 15, 16 et 17; nouvelles revendications 20 et 21 ajoutées."

"Déclaration selon l'article 19.1)" (Règle 46.4)

Les modifications peuvent être accompagnées d'une déclaration expliquant les modifications et précisant l'incidence que ces dernières peuvent avoir sur la description et sur les dessins (qui ne peuvent pas être modifiés selon l'article 19.1)).

La déclaration sera publiée avec la demande internationale et les revendications modifiées.

Elle doit être rédigée dans la langue dans laquelle la demande internationale est publiée.

Elle doit être succincte (ne pas dépasser 500 mots si elle est établie ou traduite en anglais).

Elle ne doit pas être confondue avec la lettre expliquant les différences existant entre les revendications telles que déposées et les revendications telles que modifiées, et ne la remplace pas. Elle doit figurer sur une feuille distincte et doit être munie d'un titre permettant de l'identifier comme telle, constitué de préférence des mots "Déclaration selon l'article 19.1)".

Elle ne doit contenir aucun commentaire dénigrant relatif au rapport de recherche internationale ou à la pertinence des citations que ce dernier contient. Elle ne peut se référer à des citations se rapportant à une revendication donnée et contenues dans le rapport de recherche internationale qu'en relation avec une modification de cette revendication.

Conséquence du fait qu'une demande d'examen préliminaire international ait déjà été présentée

Si, au moment du dépôt de modifications effectuées en vertu de l'article 19, une demande d'examen préliminaire international a déjà été présentée, le déposant doit de préférence, lors du dépôt des modifications auprès du Bureau international, déposer également une copie de ces modifications auprès de l'administration chargée de l'examen préliminaire international (voir la règle 62.2a), première phrase).

Conséquence au regard de la traduction de la demande internationale lors de l'ouverture de la phase nationale

L'attention du déposant est appelée sur le fait qu'il peut avoir à remettre aux offices désignés ou élus, lors de l'ouverture de la phase nationale, une traduction des revendications telles que modifiées en vertu de l'article 19 au lieu de la traduction des revendications telles que déposées ou en plus de celle-ci.

Pour plus de précisions sur les exigences de chaque office désigné ou élu, voir le volume II du Guide du déposant du PCT.

538, 057

10/538057

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
24 juin 2004 (24.06.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/053517 A1(51) Classification internationale des brevets⁷ : G01S 7/40,
G01R 27/28(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2003/050945(22) Date de dépôt international :
4 décembre 2003 (04.12.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0215839 10 décembre 2002 (10.12.2002) FR(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
THALES [FR/FR]; 45, rue de Villiers, F-92526 Neuilly
Sur Seine (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : QUIEVY, Di-
dier [FR/FR]; Thales, Intellectual Property, 31-33, avenue
Aristide Briand, F-94117 Arcueil Cedex (FR).(74) Mandataires : CHAPEROT, Ivan etc.; Thales, Intellec-
tual Property, 31-33, avenue Aristide Briand, F-94117 Ar-
cueil Cedex (FR).

(81) État désigné (national) : US.

(84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,
IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

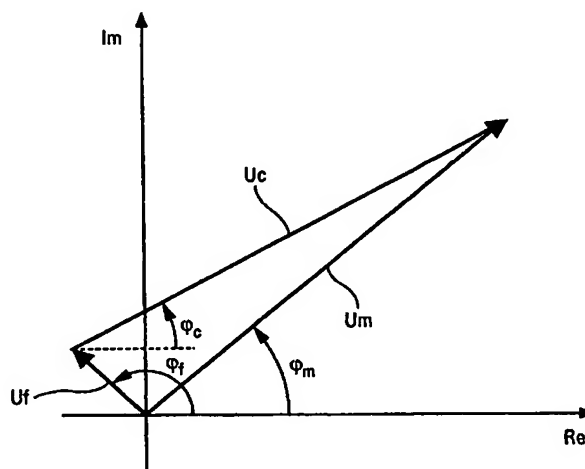
Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des
revendications, sera republiée si des modifications sont re-
çues

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD OF CALIBRATING A MICROWAVE SOURCE

(54) Titre : PROCEDE DE CALIBRATION D'UNE SOURCE HYPERFREQUENCE



(57) Abstract: The invention relates to a method for the phase calibration of a microwave source. The inventive method comprises the following steps consisting in: closing the calibration circuit, the calibration circuit comprising an injection channel which is connected to a measuring channel by means of the source to be calibrated; injecting a test signal through the source to be calibrated, the test signal being injected at the injection channel; and measuring the phase, ϕ_m , of the signal that has passed through the source to be calibrated, the phase of the signal being measured at the measuring channel. The invention is characterised in that: the amplitude, A_m , of the signal that has passed through the source to be calibrated is measured, the amplitude of the signal being measured at the measuring channel; the calibration circuit is opened at the source to be calibrated; the test signal is injected at the injection channel; the phase ϕ_f and the amplitude A_f of the signal present at the measuring channel are measured; the corrected phase value ϕ_c is determined, said corrected phase being the phase of a complex number U_c which is calculated from two complex numbers U_m and U_f , wherein $U_m = A_m \cdot \exp(i \cdot \phi_m)$ and $U_f = A_f \cdot \exp(i \cdot \phi_f)$.

[Suite sur la page suivante]

WO 2004/053517 A1



En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) **Abrégé :** La présente invention concerne un procédé de calibration de phase d'une source hyperfréquence, dans lequel : on ferme un circuit de calibration, le circuit de calibration comprenant une voie d'injection reliée à une voie de mesure par l'intermédiaire de la source à calibrer; on injecte un signal de test à travers la source à calibrer, le signal de test étant injecté sur la voie d'injection, on mesure la phase ϕ_m du signal ayant traversé la source à calibrer, la phase du signal étant mesurée sur la voie de mesure, caractérisé en ce que : on mesure l'amplitude A_m du signal ayant traversé la source à calibrer, l'amplitude du signal étant mesurée sur la voie de mesure ; on ouvre le circuit de calibration au niveau de la source à calibrer; on injecte le signal de test sur la voie d'injection ; on mesure la phase ϕ_f et l'amplitude A_f du signal présent sur la voie de mesure ; on détermine une valeur de phase ϕ_c , corrigée, cette phase corrigée étant la phase d'un nombre complexe U_c , calculé à partir de deux nombres complexes U_m et U_f , où $U_m = A_m \cdot \exp(i \cdot \phi_m)$ et $U_f = A_f \cdot \exp(i \cdot \phi_f)$.

Procédé de calibration d'une source hyperfréquence

La présente invention concerne un procédé de calibration d'une source hyperfréquence. Elle s'applique notamment à la calibration de phase des sources élémentaires d'une antenne à réseau.

Une antenne à réseau comprend un réseau de sources
5 élémentaires commandables en phase, chaque source étant reliée à un élément rayonnant. En commandant les phases des sources élémentaires de manière appropriée, il est possible de créer une onde plane dans une direction souhaitée. On peut ainsi effectuer un balayage électronique, c'est à dire modifier la direction du lobe principal en commandant la phase des
10 différentes sources.

Cependant, des sources élémentaires peuvent se dérégler, produisant une phase différente de la phase commandée. Ces différences de phase apportent des limitations aux performances du balayage. Elles peuvent résulter notamment en une baisse du gain de l'antenne, une
15 déformation du lobe principal, une augmentation du niveau des lobes secondaires et une déviation d'axe radioélectrique.

Il est connu d'effectuer des calibrations périodiques de la phase de chaque source élémentaire. Pour effectuer une calibration d'une source élémentaire :

- 20 - on ferme un circuit de calibration, le circuit de calibration comprenant une voie d'injection reliée à une voie de mesure par l'intermédiaire de la source à calibrer ;
- on injecte un signal de test à travers la source à calibrer, le signal de test étant injecté sur la voie d'injection,
- 25 - on mesure la phase ϕ_m du signal ayant traversé la source à calibrer, la phase du signal étant mesurée sur la voie de mesure.

Cependant, il existe des perturbations hyperfréquences faussant les mesures de phase de chaque source élémentaire. Un but de l'invention est d'améliorer la calibration en corrigeant les perturbations hyperfréquences
30 provenant de l'isolation électromagnétique imparfaite du circuit de calibration.

A cet effet :

- on mesure l'amplitude A_m du signal ayant traversé la source, l'amplitude du signal étant mesurée sur la voie de mesure ;
- on ouvre le circuit de calibration au niveau de l'élément à calibrer ;

- on injecte le signal de test sur la voie d'injection ;
 - on mesure la phase φ_r et l'amplitude A_r du signal présent sur la voie de mesure ;
 - on détermine une valeur de phase φ_c corrigée, cette phase corrigée étant
- 5 la phase d'un nombre complexe U_c , calculé à partir de deux nombres complexes U_m et U_r , où :

$$U_m = A_m \cdot \exp(i \cdot \varphi_m)$$

10 $U_r = A_r \cdot \exp(i \cdot \varphi_r)$

La calibration selon l'invention présente l'avantage d'être utilisable dans des antennes à réseau, même lorsque l'une des sources (en panne) refuse de se désactiver. L'invention permet à partir des mêmes mesures de

15 tester et de localiser une source en panne.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée suivante présentée à titre d'illustration non limitative et faite en référence aux figures annexées, lesquelles

20 représentent :

- la figure 1, un exemple de radar équipé d'un circuit de calibration ;
 - la figure 2, une source à calibrer dans le radar de l'exemple représenté sur la figure 1 ;
 - la figure 3, un exemple de sélecteur hyperfréquence utilisable dans le
- 25 circuit de calibration représenté sur la figure 1 ;
- les figures 4 et 5, un commutateur hyperfréquence à deux positions, chaque figure représentant le commutateur une position différente ;
 - la figure 6, une représentation géométrique de nombres complexes intervenant dans la mise en œuvre de l'invention ;
- 30 - la figure 7, un exemple d'antenne à réseau, le radar étant équipé d'un circuit de calibration ;
- la figure 8, un exemple d'antenne à réseau configurée avec deux étages de distributeurs passifs, le radar étant équipé d'un circuit de calibration.

On se réfère maintenant à la figure 1 sur laquelle est représenté un exemple de radar équipé d'un circuit de calibration.

Le radar peut fonctionner en mode émission ou en mode réception. Lorsque le radar fonctionne en mode émission, un générateur T1 de signaux délivre des impulsions hyperfréquences. Les impulsions hyperfréquences se propagent sur une voie d'émission V2, V4. Elles sont ensuite acheminées par l'intermédiaire d'un circulateur R1 vers une voie d'émission et de réception V5. La voie d'émission et de réception V5 comprend une source commandable M et un élément rayonnant W. Les impulsions hyperfréquences sont émises sous forme d'ondes par l'élément rayonnant W.

Lorsque le radar fonctionne en mode réception, l'élément rayonnant W reçoit des ondes hyperfréquences. L'élément rayonnant W convertit les ondes en un signal hyperfréquence qui se propage sur la voie d'émission et de réception V5. Le signal est ensuite acheminé par l'intermédiaire du circulateur R1 sur une voie de réception V6. La voie de réception comprend un amplificateur A2. Un récepteur à démodulation synchrone T2 permet de transposer le signal hyperfréquence reçu en un signal vidéo. Le signal vidéo est numérisé par un convertisseur analogique numérique (C.A.N.) T6. L'amplitude et la phase du signal numérisé sont enregistrés dans une mémoire T5.

On se réfère à la figure 2 sur laquelle est représenté un exemple de source M. La source peut être de type modulaire. Elle peut être active ou passive. La source représentée est une source active. Les éléments actifs de la source comprennent un amplificateur de puissance A3, destiné à amplifier le signal hyperfréquence en mode émission, et un amplificateur faible bruit A4, destiné à amplifier le signal hyperfréquence en mode réception. Les amplificateurs A3 et A4 sont chacun sur une voie propre, ces deux voies étant regroupées par un circulateur R2 du côté de l'élément rayonnant, et un sélecteur R3 à deux positions et trois entrées-sorties de l'autre côté.

Les amplificateurs A3 et A4 commandables. Lorsqu'un amplificateur reçoit la commande marche, son alimentation se coupe. Lorsqu'il reçoit la commande marche, l'amplificateur est alimenté. Lorsque l'on commande l'arrêt de l'amplificateur A3 et/ou A4, on ouvre la voie hyperfréquence de l'amplificateur correspondant. On peut ainsi désactiver la

source, en mode émission et/ou en mode réception, en coupant l'alimentation de l'amplificateur A3 et/ou A4.

La source M comprend en outre un déphaseur E2 commandable qui permet de modifier la phase des signaux hyperfréquences en mode
5 émission ou réception. La source M peut aussi comprendre un atténuateur E1 commandable. L'atténuateur commandable permet de modifier l'amplitude des signaux hyperfréquences en mode émission ou réception. L'atténuateur E1 et le déphaseur E2 peuvent être du type à bits programmables.

10 On se réfère à la figure 1. Le radar comprend en outre un circuit de calibration intégré. Ce circuit comprend un sélecteur hyperfréquence K muni de quatre entrées-sorties P1 à P4. Le sélecteur K est commandé pour aiguiller le signal hyperfréquence selon le chemin souhaité entre ses entrées-sorties. Le sélecteur K est placé sur la voie d'émission V2, V4 entre
15 l'amplificateur A1 et le circulateur R1. La sortie de l'amplificateur A1 est reliée à l'entrée-sortie P4. L'entrée du circulateur R1 est reliée à l'entrée-sortie P2. Le circuit de calibration comprend en outre deux voies hyperfréquences V1 et V3. La voie hyperfréquence V1 relie l'entrée-sortie P1 du sélecteur K à un premier coupleur hyperfréquence C1. Le coupleur C1 est placé entre
20 l'élément rayonnant W et la source M. La voie hyperfréquence V3 relie l'entrée-sortie P3 à un second coupleur hyperfréquence C2. Le coupleur hyperfréquence C2 est placé entre l'amplificateur A2 et le récepteur T2. La voie V1, respectivement V2, est terminée par une charge adaptée au niveau du coupleur C1, respectivement C2. La charge, par exemple de 50 Ohm,
25 permet d'éviter les réflexions parasites sur le circuit de calibration.

On se réfère maintenant à la figure 3 sur laquelle est représenté un exemple de réalisation du sélecteur K. Le sélecteur K comprend par exemple trois commutateurs K1, K2, K3. Chaque commutateur est un commutateur à deux positions, possédant quatre entrées-sorties reliées deux
30 à deux, une commande (notée 0 ou 1) permettant de changer la configuration du commutateur. Une première entrée-sortie du commutateur K2 forme l'entrée-sortie P1 du sélecteur K. Une seconde entrée-sortie du commutateur K2 forme l'entrée-sortie P3 du sélecteur K. Une troisième entrée-sortie du commutateur K2 est reliée à une première entrée-sortie du
35 commutateur K3. Une seconde entrée sortie du commutateur K3 est reliée à

une première entrée-sortie du commutateur K1. Une troisième entrée-sortie du commutateur K3 est reliée à la quatrième entrée-sortie du commutateur K2. La quatrième entrée-sortie du commutateur K3 est reliée à une charge. Une seconde entrée-sortie du commutateur K1 forme l'entrée-sortie P4 du sélecteur K. Une troisième entrée-sortie du commutateur K1 forme l'entrée-sortie P2 du sélecteur K. La quatrième entrée-sortie du commutateur K1 est reliée à une charge.

On se réfère maintenant à la figure 4 sur laquelle est représenté le commutateur K1 dans une première position, commandée par 0. Dans cette position, la première entrée-sortie est reliée à la seconde ; la troisième entrée-sortie est reliée à la quatrième.

On se réfère maintenant à la figure 5 sur laquelle est représenté le commutateur K1 dans la seconde position (représentée aussi sur la figure 3), commandée par 1. Dans cette seconde position, la première entrée-sortie est reliée à la quatrième ; la seconde entrée-sortie est reliée à la troisième.

Lorsque le commutateur K2 est dans une première position (représentée sur la figure 3), commandée par 0, la première entrée-sortie est reliée avec la seconde ; la troisième entrée-sortie est reliée à la quatrième. Dans la seconde position (non représentée), commandée par 1, la première entrée-sortie est reliée à la quatrième ; la seconde entrée-sortie est reliée à la troisième.

Lorsque le commutateur K3 est dans une première position (représentée sur la figure 3), commandée par 0, la première entrée-sortie est reliée à la seconde ; la troisième entrée-sortie est reliée à la quatrième. Dans la seconde position (non représentée), commandée par 1, la première entrée-sortie est reliée à la quatrième ; la seconde entrée-sortie est reliée à la troisième.

On se réfère à la figure 1. Le radar comprend une unité de calcul T4 reliée fonctionnellement à la mémoire T5 d'une part, et à une unité de commande et de contrôle T3 d'autre part. L'unité de commande et de contrôle permet de commander les sources (déphaseur, atténuateur, amplificateurs, sélecteur), le sélecteur (commutateurs K1, K2, K3), et les amplificateurs A1 et A2.

Le circuit de calibration permet de calibrer le mode émission ou réception. On décrit maintenant une calibration du mode émission. La calibration selon l'invention peut être effectuée à partir de deux mesures au moins, dont l'ordre est indifférent.

5 Lors d'une première mesure, appelée ci-après mesure de test, le sélecteur K est configuré de manière à relier l'entrée-sortie P4 avec l'entrée-sortie P2 d'une part, et d'autre part l'entrée-sortie P1 avec l'entrée-sortie P3. Le commutateur K1 reçoit la commande 1, le commutateur K2 reçoit la commande 0, le commutateur K3 reçoit la commande 0 ou 1. L'amplificateur
10 A3 (voir figure 2) reçoit la commande marche. L'amplificateur A4 reçoit la commande arrêt. Le générateur T1 émet un signal de test à une fréquence déterminée. Ce signal de test se propage, comme lorsque le radar est en mode émission, à travers la voie d'émission V4, V2, le circulateur R1, la voie d'émission-réception V5, la source M. Le coupleur C1 permet de prélever
15 une fraction de ce signal sur la voie V1. La fraction de signal prélevé se propage ensuite sur la voie V3 jusqu'au récepteur T2 (via le coupleur C2). Le récepteur mesure la phase φ_m et l'amplitude A_m de ce signal. Cette première mesure est mémorisée dans la mémoire T5.

Lors d'une seconde mesure, appelée ci-après mesure
20 d'interférence, le sélecteur K est configuré de la même manière que pour la mesure de test. Cependant, le circuit de calibration est ouvert au niveau de la source M. A cet effet, l'amplificateur A3 reçoit la commande arrêt. Le générateur émet le même signal de test que lors de la mesure de test. Le circuit de calibration étant ouvert, aucun signal ne devrait être reçu par le
25 récepteur. Cependant, un signal provenant des fuites et ou des interférences entre les différents éléments hyperfréquences se propage jusqu'au récepteur. Le récepteur T2 mesure la phase φ_r et l'amplitude A_r de ce signal interférent (ou de "fuite").

On se réfère maintenant à la figure 6, une représentation
30 géométrique de nombres complexes intervenant dans la mise en œuvre de l'invention. On utilise les notations complexes suivantes :

$$U_m = A_m \cdot \exp(i \cdot \varphi_m)$$

35
$$U_r = A_r \cdot \exp(i \cdot \varphi_r)$$

$$i = \sqrt{-1}$$

- Selon un mode de mise en œuvre de l'invention, on détermine un
 5 nombre complexe U_c , représentant la valeur que devrait avoir le nombre
 complexe U_m en l'absence d'interférences :

$$U_c = U_m - U_f$$

- 10 Le nombre complexe U_c peut se représenter dans le plan
 complexe (voir figure 6) comme une différence de deux vecteurs (U_m et U_f).
 La phase φ_c et l'amplitude A_c de U_c peuvent être déterminées à partir des
 relations suivantes :

$$15 \quad A_c = \sqrt{A_m^2 + A_f^2 - 2 \cdot A_m \cdot A_f \cdot \cos(\varphi_m + \varphi_c)}$$

$$\varphi_c = \text{ATAN2}(A_m \cdot \cos(\varphi_m) - A_f \cdot \cos(\varphi_f); A_m \cdot \sin(\varphi_m) - A_f \cdot \sin(\varphi_f))$$

- où ATAN2(x,y) est une fonction qui renvoie un angle qui est
 20 l'arctangente des coordonnées x et y, cet angle étant compris entre -180° et
 180° , en excluant -180° .

L'invention permet de corriger les erreurs causées par les
 interférences lors des calibration de phase, sans pour autant nécessiter de
 modifier le circuit de calibration.

25

- Selon un mode de mise en œuvre avantageux, on effectue une
 troisième mesure, appelée ci-après mesure de référence, étant entendu que
 l'ordre dans lequel sont effectuées les mesures est indifférent. La mesure de
 référence est effectuée en couplant la sortie du générateur T1 vers le
 30 récepteur T2. Le sélecteur K est configuré de manière à relier l'entrée-sortie
 P4 avec l'entrée-sortie P3. Le commutateur K1 reçoit la commande 0, le
 commutateur K2 reçoit la commande 1, le commutateur K3 reçoit la
 commande 0. De cette manière la voie d'émission V4 (avec l'amplificateur
 A1) est reliée directement au récepteur T2. Dans cette configuration du
 35 sélecteur, le générateur T1 émet le même signal de test que pour les deux

autres mesures (de test et d'interférence). Le récepteur T2 mesure la phase φ_r , et éventuellement l'amplitude A_r de ce signal, appelé signal de référence. Cette mesure additionnelle est mémorisée dans la mémoire T5.

La mesure de référence peut être effectuée lors de chaque calibration. Elle permet de s'affranchir des fluctuations à long terme (par exemple pendant 30 minutes) entre deux calibrations successives de la source M, ces fluctuations pouvant provenir des fluctuations du signal de test délivré par le générateur T1.

En utilisant les mêmes notations complexes, la mesure de référence peut se représenter par un nombre complexe U_r :

$$U_r = A_r \cdot \exp(i \cdot \varphi_r)$$

On peut déterminer une phase φ et une amplitude A corrigées des fluctuations du générateur et du récepteur, ainsi que des interférences dans le circuit de calibration :

$$U = \frac{U_m - U_f}{U_r} = \frac{U_c}{U_r}$$

avec

$$U = A \cdot \exp(i \cdot \varphi)$$

A la différence des deux mesures précédentes (de test et d'interférence), il n'est pas nécessaire de mesurer l'amplitude A_r lorsqu'on cherche uniquement à calibrer la phase de la source :

$$\varphi = \varphi_c - \varphi_r$$

On décrit maintenant une calibration du mode réception. Cette calibration comprend les mêmes mesures que celles réalisées pour la calibration du mode émission, le sélecteur K étant configuré différemment.

Lors la mesure de test, le sélecteur K est configuré de manière à relier l'entrée-sortie P4 avec l'entrée-sortie P1. Le commutateur K1 reçoit la

commande 0, le commutateur K2 reçoit la commande 1, le commutateur K3 reçoit la commande 1. L'amplificateur A4 (voir figure 2) reçoit la commande marche. Le générateur T1 émet un signal de test à une fréquence déterminée. Ce signal de test se propage à travers une portion de la voie d'émission V4, la voie V1 puis à travers le coupleur C1. Le signal se propage
5 ensuite, comme lorsque le radar est en mode réception, à travers la source M, la voie d'émission-réception V5, le circulateur R1, l'amplificateur A2 jusqu'au récepteur T2. Le récepteur mesure la phase ϕ_m et l'amplitude A_m de ce signal. La mesure de test est mémorisée dans la mémoire T5.

10 Lors de mesure d'interférence, le sélecteur K est configuré de la même manière que pour la mesure de test. Cependant, le circuit de calibration est ouvert au niveau de la source M. A cet effet, l'amplificateur A4 reçoit la commande arrêt. De la même façon que pour la calibration du mode émission, le récepteur T2 mesure la phase ϕ_r et l'amplitude A_r du signal
15 interférent.

On effectue ensuite les mêmes traitements avec les mesures de test et d'interférence. Il est possible aussi de réaliser une mesure de référence (voir ci-dessus), cette mesure étant la même que l'on calibre le mode émission ou réception.

20

Que ce soit pour calibrer le mode émission ou réception, on ferme le circuit de calibration, le circuit de calibration comprenant une voie d'injection reliée à une voie de mesure par l'intermédiaire de la source M à calibrer. Pour calibrer le mode émission, la voie d'injection est formée par la
25 voie d'émission V4, V2, V5 ; et la voie de mesure est formée par la voie V1, V3 couplant la source M au récepteur T2. Pour calibrer le mode réception, la voie d'injection est formée par la voie V4, V1 amenant le signal à la source M ; et la voie de mesure est formée par la voie de réception V5, V6.

30 Afin d'effectuer la première mesure, on injecte un signal de test à travers la source à calibrer M, le signal de test étant injecté sur la voie d'injection, on mesure la phase ϕ_m du signal ayant traversé la source à calibrer, la phase du signal étant mesurée sur la voie de mesure, on mesure l'amplitude A_m du signal ayant traversé la source à calibrer, l'amplitude du signal étant mesurée sur la voie de mesure.

Afin d'effectuer la seconde mesure, on ouvre le circuit de calibration au niveau de la source à calibrer. Dans cet exemple, le circuit est ouvert lors d'une calibration du mode émission, respectivement réception, en coupant l'alimentation de l'amplificateur A3, respectivement A4 (avec une
5 commande arrêt). On injecte le signal de test sur la voie d'injection, on mesure la phase φ_r et l'amplitude A_r du signal présent sur la voie de mesure.

Avec ces deux mesures, dont l'ordre est indifférent, on détermine une valeur de phase φ_c corrigée, cette phase corrigée étant la phase du nombre complexe U_c .

10

On se réfère maintenant à la figure 7 sur laquelle est représenté un exemple d'antenne à réseau équipée d'un circuit de calibration. Le circuit de calibration représenté sur la figure 1 est modifié en ajoutant un réseau de sources M et d'éléments rayonnants W. On utilise un indice p, variant de 1 à
15 P, pour différencier les éléments (sources, éléments rayonnants) du réseau.

Deux distributeurs hyperfréquences passifs D1, D2 sont ajoutés respectivement sur les voies V1 et V5. Ces distributeurs permettent de séparer une voie hyperfréquence en P sous-voies, la puissance du signal étant divisée par P sur chacune de ces sous-voies.

20 Le distributeur D2 sépare la voie V5 en P sous-voies V5(p) d'émission et de réception. Chaque sous-voie d'émission et de réception V5(p) comprend un élément rayonnant W(p) et une source M(p). Toutes les sous-voies V5(p) se rejoignent au niveau du distributeur D2 pour former la voie V5, reliée au circulateur R1.

25 Le distributeur D1 sépare la voie V1 en P sous-voies V1(p). Un coupleur C1(p) termine chaque sous-voie V1(p). Par conséquent, l'entrée-sortie P1 du sélecteur K est reliée à P coupleurs C1(p).

Les calibrations sont effectuées pour chaque élément du réseau. Par conséquent, pour une fréquence donnée, on effectue P calibrations du
30 mode réception et P calibrations du mode réception.

Pour un indice p donné, la calibration du mode réception ou émission de la source M(p) comprend les mêmes étapes que décrites ci-dessus, la seule différence étant que les autres sources M(k) avec k différent de p sont désactivées. Afin de désactiver une source M(k), on coupe
35 l'alimentation de l'amplificateur A3(k) et A4(k).

Par conséquent la mesure d'interférence (phase φ_i et amplitude A_i) est la même pour tous les indices p . La même mesure peut donc être utilisée lorsque p varie. En notations complexes, l'opération de correction d'interférence se traduit alors par :

5

$$U_c(p) = U_m(p) - U_f$$

Dans une antenne à réseau telle que celle représentée sur la figure 7, les interférences ont un niveau relatif non négligeable par rapport au signal. En effet, les distributeurs D1, D2 entraînent des pertes importantes, ne serait-ce que parce que la puissance est divisée par P . Il est donc nécessaire d'émettre un signal puissant. De plus, les différents éléments (tels que les distributeurs passifs) sont rapprochés pour des raisons d'encombrement, ce qui induit des couplages parasites. Par conséquent, le signal émis (puissant) peut se retrouver par couplage électromagnétique sur la voie de réception. L'invention permet de s'affranchir de ces interférences.

Certaines sources d'une antenne à réseau peuvent tomber en panne. Il peut arriver notamment que l'une des sources $M(k)$ ne réponde pas aux commandes de désactivation. En d'autres termes, l'alimentation de l'amplificateur $A3(k)$ ou $A4(k)$ ne se coupe pas malgré une commande dans ce sens.

Dans les procédés de calibration classique, il n'est alors plus possible d'effectuer de calibration. En effet, la désactivation de la source $M(k)$ étant impossible, on obtient la somme des signaux de la source $M(k)$ et $M(p)$ lorsqu'on effectue la calibration de la source $M(p)$. Le procédé selon l'invention permet de résoudre ce problème. En effet, le signal provenant de la source $M(k)$ se trouve à la fois dans le terme U_m et dans le terme U_f . Il s'élimine donc par différence entre ces deux termes.

Selon un mode de réalisation avantageux, on mesure l'amplitude A_c , et on compare cette amplitude à un seuil déterminé afin de détecter les pannes. Lorsque l'amplitude A_c est inférieure au seuil, la panne est détectée. On détecte de cette manière les pannes de désactivation que les pannes d'amplification (panne se traduisant par une baisse anormale de la puissance de la source).

L'invention permet de localiser la position des sources défectueuses (panne de désactivation ou panne d'amplification) même si plusieurs sources du réseau sont en panne simultanément.

- 5 Lorsqu'on effectue une calibration d'antenne à réseau, il est souhaitable de réduire au maximum le temps de calibration pour éviter de mobiliser le radar trop longtemps. A cet effet, une même mesure d'interférence peut, comme décrit ci-dessus, être utilisée pour plusieurs calibrations. Cependant, des fluctuations du récepteur ou du générateur
10 peuvent entraîner une dégradation des performances de la calibration.

Selon un mode de réalisation avantageux, on ajoute un terme correctif α à la mesure d'interférence, ce terme correctif étant un coefficient complexe corrigeant les fluctuations temporelles entre la mesure d'interférence et la mesure de test.

- 15 La relation précédente devient :

$$U_c(p) = U_m(p) - \alpha \cdot U_f$$

- On peut déterminer le terme α en effectuant le rapport entre deux
20 mesures de référence, une première mesure de référence étant concomitante avec la mesure de test, l'autre mesure de référence étant concomitante avec la mesure d'interférence. Des mesures sont dites concomitantes si elles sont suffisamment rapprochées dans le temps pour que les fluctuations temporelles soient négligeables. On corrige ainsi les
25 fluctuations de la mesure d'interférence.

- Par exemple, pour une fréquence donnée, on peut effectuer une mesure de référence suivie d'une mesure de calibration à un instant t_0 . On note ces mesures $U_r(t_0)$ et $U_f(t_0)$. On effectue ensuite une mesure de test et une mesure de référence pour chaque valeur de p , ces mesures étant
30 effectuées à un instant t_p . On détermine alors la phase et/ou l'amplitude du nombre $U_c(p)$ défini par la relation suivante :

$$U_c(p) = U_m(p) - \alpha(t_p) \cdot U_f(t_0)$$

- 35 avec

$$\alpha(t_p) = \frac{U_r(t_p)}{U_r(t_0)}$$

On détermine la phase et/ou l'amplitude de $U_c(p)$, c'est à dire
 5 l'amplitude et la phase corrigée des interférences, par les relations
 suivantes :

$$A_c(p) = \sqrt{A_m^2(p) + A_f'^2(t_p) - 2 \cdot A_m^2(p) \cdot A_f'^2(t_p) \cdot \cos(\varphi_m(p) + \varphi_f'(p))}$$

10 $\varphi_c(p) = \text{ATAN2}(\text{Re}(U_c(p)); \text{Im}(U_c(p)))$

avec

$$\text{Re}(U_c(p)) = A_m(p) \cdot \cos(\varphi_m(p)) - A_f'(t_p) \cdot \cos(\varphi_f'(t_p))$$

15 $\text{Im}(U_c(p)) = A_m(p) \cdot \sin(\varphi_m(p)) - A_f'(t_p) \cdot \sin(\varphi_f'(t_p))$

$$A_f'(t_p) = \frac{A_r(t_p)}{A_r(t_0)} A_f(t_0)$$

20 $\varphi_f'(t_p) = \varphi_f(t_0) + \varphi_r(t_p) - \varphi_r(t_0)$

Bien entendu, il est possible d'effectuer plusieurs mesures de test
 pour une mesure de référence. Par exemple on peut effectuer une mesure
 de référence toutes les cinq mesures de test, le nombre total de mesures de
 25 test pouvant être de l'ordre de 1000.

Avantageusement, on corrige aussi les fluctuations temporelles
 long terme comme décrit ci-avant :

30 $U(p) = \frac{U_c(p)}{U_r(t_p)}$

Cette correction permet de s'affranchir des fluctuations entre la calibration de deux sources, si un laps de temps important sépare ces deux calibrations. C'est le cas notamment des antennes à réseau comprenant un grand nombre d'éléments, pour lesquelles la calibration de tous les éléments dure suffisamment longtemps pour que les fluctuations soient perceptibles.

On se réfère maintenant à la figure 8 sur laquelle est représenté un exemple d'antenne à réseau configurée avec deux étages de distributeurs passifs, le radar étant équipé d'un circuit de calibration. Ce radar comprend des éléments communs avec les radars représentés sur les figures 1 et 7.

La voie d'émission du radar comprend en partant du générateur de signaux T1 :

- la voie d'émission V4 sur laquelle est placé l'amplificateur A1, la voie d'émission V4 étant reliée à l'entrée-sortie P4 du sélecteur K ;
- la voie d'émission V2 sur laquelle est placé un premier distributeur passif D5, la voie d'émission V2 étant reliée à l'entrée-sortie P2 du sélecteur K, le distributeur passif divisant la voie d'émission V2 en Q sous-voies notées V2(q) ;
- des amplificateurs A5(q), un amplificateur A5(q) étant placé sur chaque sous-voie V2(q) ;
- des sous-voies d'émission et de réception V5(q), ces sous-voies étant au nombre de Q, chaque sous-voie V5(q) étant reliée à une sous-voie V2(q) par un circulateur R2(q) ;
- des distributeurs passifs D2(q), chaque distributeur passif étant placé sur une sous-voie V5(q) qu'il divise en P autres sous-voies V5(p,q) ;
- des sources M(p,q) et des éléments rayonnants W(p,q) placés sur chaque sous-voie V5(p,q).

Par rapport à l'architecture précédente, les amplificateurs A5 ont été ajoutés. Ils permettent de compenser les pertes en sortie du distributeur passif D5, ce qui améliore les performances du radar.

La voie de réception du radar comprend :

- les éléments rayonnants W(p,q) et les sources M(p,q) ;
- les distributeurs passifs D2(q) ;
- les circulateurs R2(q) ;

15

- des sous-voies $V6(q)$ de réception, chaque sous voie étant reliée à un circulateur $R2(q)$;
- un distributeur $D4$, regroupant les Q sous-voies $V6(q)$ pour former la voie de réception $V6$;
- 5 - l'amplificateur $A2$, placé sur la voie $V6$;
- le récepteur $T2$ à démodulation synchrone.

La voie $V3$ du circuit de calibration est inchangée. Elle est couplée par l'intermédiaire du coupleur $C2$ à la voie $V6$ entre l'amplificateur $A2$ et le récepteur $T2$.

- 10 La voie $V1$ du circuit de calibration est divisée en Q sous-voies par un premier distributeur passif $D3$, chaque sous-voie étant à son tour divisée en P autre sous-voies par un distributeur passif $D1(q)$, ces $P \times Q$ sous-voies étant couplées par des coupleurs $C1(p,q)$. Chaque coupleur $C1(p,q)$ est placé entre l'élément rayonnant $W(p,q)$ et la source $M(p,q)$.

15

On décrit maintenant un exemple des commandes appliquées lors des différentes mesures intervenant dans une calibration d'une source $M(p,q)$.

- Pour effectuer la mesure de test lors d'une calibration du mode de réception de la source $M(p,q)$, le commutateur $K1$ reçoit la commande 0, le commutateur $K2$ reçoit la commande 1, le commutateur $K3$ reçoit la commande 1, l'amplificateur $A1$ reçoit la commande marche, les amplificateurs $A5(k)$ reçoivent la commande arrêt, l'amplificateur $A2$ reçoit la commande marche, l'amplificateur $A4(p,q)$ reçoit la commande marche et les autres amplificateurs $A4(k,l)$ reçoivent la commande arrêt, les amplificateurs $A3(k,l)$ reçoivent la commande arrêt.
- 20
- 25

- Pour effectuer la mesure d'interférence lors d'une calibration du mode de réception de la source $M(p,q)$, les amplificateurs $A4(k,l)$ reçoivent tous la commande arrêt. Les autres commandes restent les mêmes que pour la mesure de test. Par conséquent, on applique les mêmes commandes quelque soit la source $M(p,q)$ considérée.
- 30

- Pour effectuer la mesure de test lors d'une calibration du mode d'émission de la source $M(p,q)$, le commutateur $K1$ reçoit la commande 1, le commutateur $K2$ reçoit la commande 0, le commutateur $K3$ reçoit la commande 0 ou 1, l'amplificateur $A1$ reçoit la commande marche,
- 35

l'amplificateur A5(q) reçoit la commande marche et les autres amplificateurs A5(k) reçoivent la commande arrêt, l'amplificateur A2 reçoit la commande arrêt, l'amplificateurs A3(p,q) reçoit la commande marche et les autres amplificateurs A3(k,l) reçoivent la commande arrêt, les amplificateurs A4(k,l) reçoivent la commande arrêt.

Pour effectuer la mesure d'interférence lors d'une calibration du mode émission de la source M(p,q), les amplificateurs A3(k,l) reçoivent tous la commande arrêt. Les autres commandes restent les mêmes que pour la mesure de test. Par conséquent, on applique des commandes différentes lorsque l'indice q change. Il est donc nécessaire d'effectuer au minimum Q mesures d'interférence pour la calibration de l'émission des sources M(p,q).

Pour effectuer la mesure de référence, que ce soit lors d'une calibration de l'émission ou de la réception, quelle que soit la source M(p,q) considérée, le commutateur K1 reçoit la commande 0, le commutateur K2 reçoit la commande 1, le commutateur K3 reçoit la commande 0, l'amplificateur A1 reçoit la commande marche, les amplificateurs A5(k) reçoivent la commande arrêt, l'amplificateur A3 reçoit la commande arrêt, les amplificateurs A3(k,l) et A4(k,l) des sources M(k,l) reçoivent la commande arrêt.

Selon un autre mode de réalisation, on remplace les distributeurs passifs par des sélecteurs hyperfréquences.

Pour sélectionner une source à calibrer (lorsqu'on ferme le circuit de calibration), on peut alors aiguiller le signal de test vers cette source en commandant les sélecteurs, au lieu de commander l'arrêt des autres sources.

Pour ouvrir le circuit de calibration (mesure d'interférence), on peut alors aiguiller le signal hyperfréquence vers une charge, au lieu de commander l'arrêt de toutes les sources.

Bien entendu l'invention ne se limite pas à ces exemples de mise en œuvre. L'architecture du radar et/ou du circuit de calibration peut être différente. Le circuit de calibration peut être externe au radar. Le nombre de distributeurs/sélecteurs peut être différent. La calibration peut être effectuée à plusieurs fréquences et températures.

REVENDECATIONS

1. Procédé de calibration de phase d'une source hyperfréquence, dans lequel :

- on ferme un circuit de calibration, le circuit de calibration comprenant une voie d'injection reliée à une voie de mesure par l'intermédiaire de la source à calibrer ;
- on injecte un signal de test à travers la source à calibrer, le signal de test étant injecté sur la voie d'injection,
- on mesure la phase φ_m du signal ayant traversé la source à calibrer, la phase du signal étant mesurée sur la voie de mesure, caractérisé en ce que :
- on mesure l'amplitude A_m du signal ayant traversé la source à calibrer, l'amplitude du signal étant mesurée sur la voie de mesure ;
- on ouvre le circuit de calibration au niveau de la source à calibrer ;
- on injecte le signal de test sur la voie d'injection ;
- on mesure la phase φ_f et l'amplitude A_f du signal présent sur la voie de mesure ;
- on détermine une valeur de phase φ_c corrigée, cette phase corrigée étant la phase d'un nombre complexe U_c , calculé à partir de deux nombres complexes U_m et U_f , où :

$$U_m = A_m \cdot \exp(i \cdot \varphi_m)$$

$$U_f = A_f \cdot \exp(i \cdot \varphi_f)$$

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le nombre complexe U_c est donné par la relation suivante :

$$U_c = U_m - \alpha \cdot U_f$$

- où α est un coefficient complexe corrigeant les fluctuations temporelles de φ_f et A_f entre les mesures de φ_m et A_m d'une part, et de φ_f et A_f d'autre part, ce coefficient valant 1 en l'absence de correction.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on détermine une valeur d'amplitude corrigée A_c , cette amplitude corrigée étant l'amplitude du nombre complexe U_c .

- 5 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le coefficient complexe α est donné par la relation suivante :

$$\alpha = \frac{U_r(t_1)}{U_r(t_0)}$$

- 10 où U_r représente une mesure de la phase et de l'amplitude d'un signal de référence, la mesure $U_r(t_1)$ étant concomitante avec la mesure de U_m , la mesure $U_r(t_0)$ étant concomitante avec la mesure de U_r .

1/6

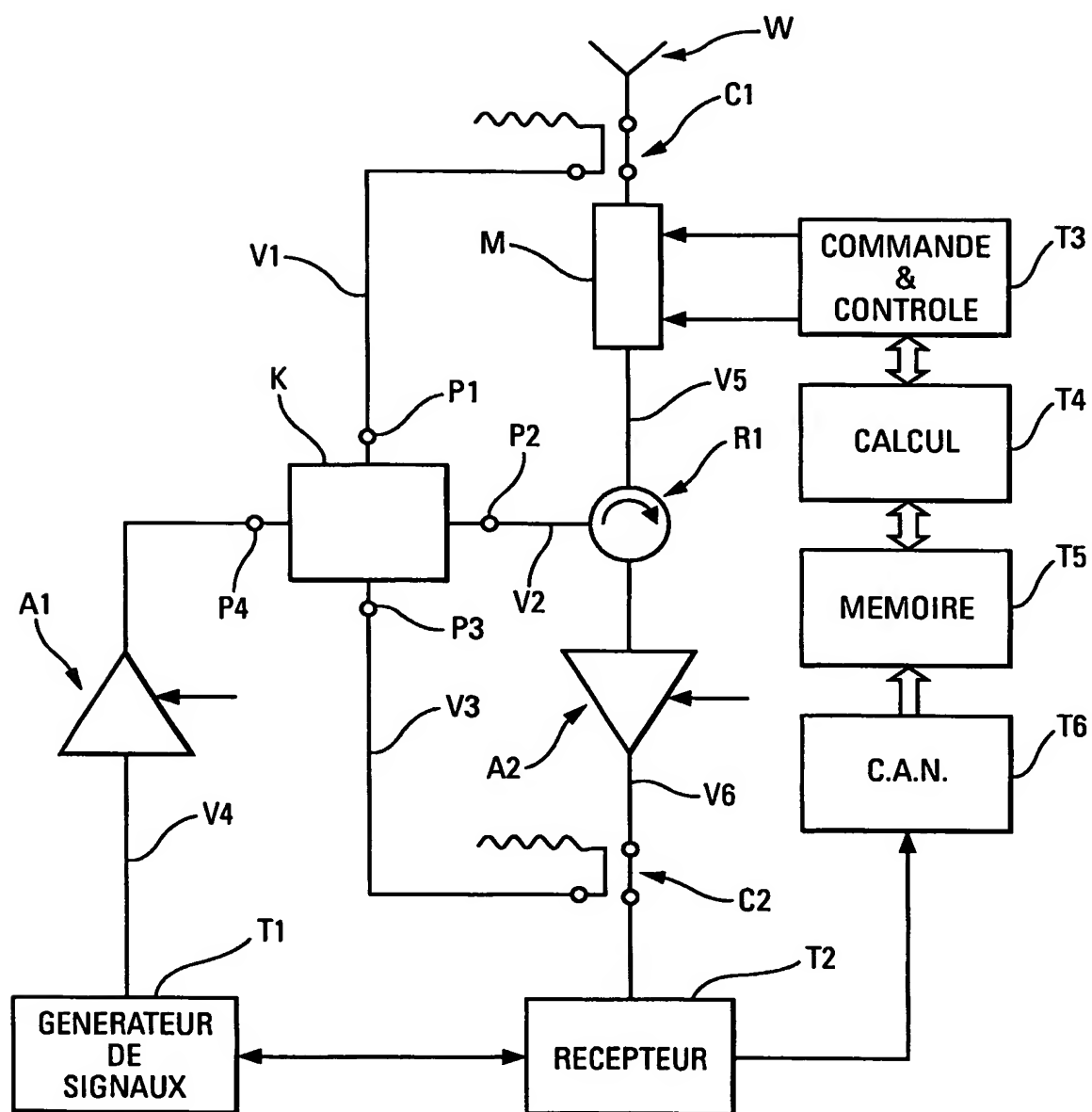


Fig. 1

3/6

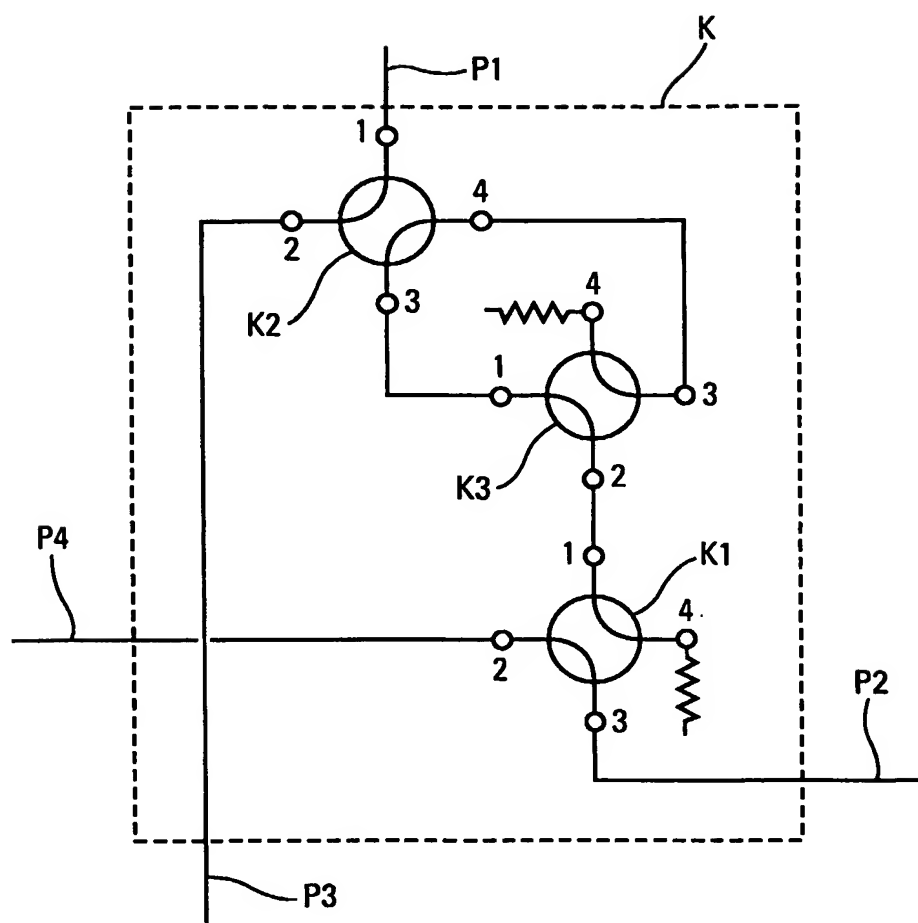


Fig. 3

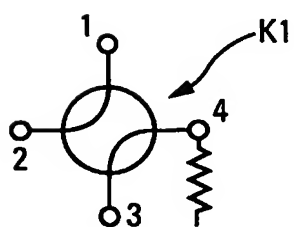


Fig. 4

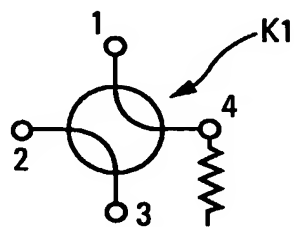


Fig. 5

4/6

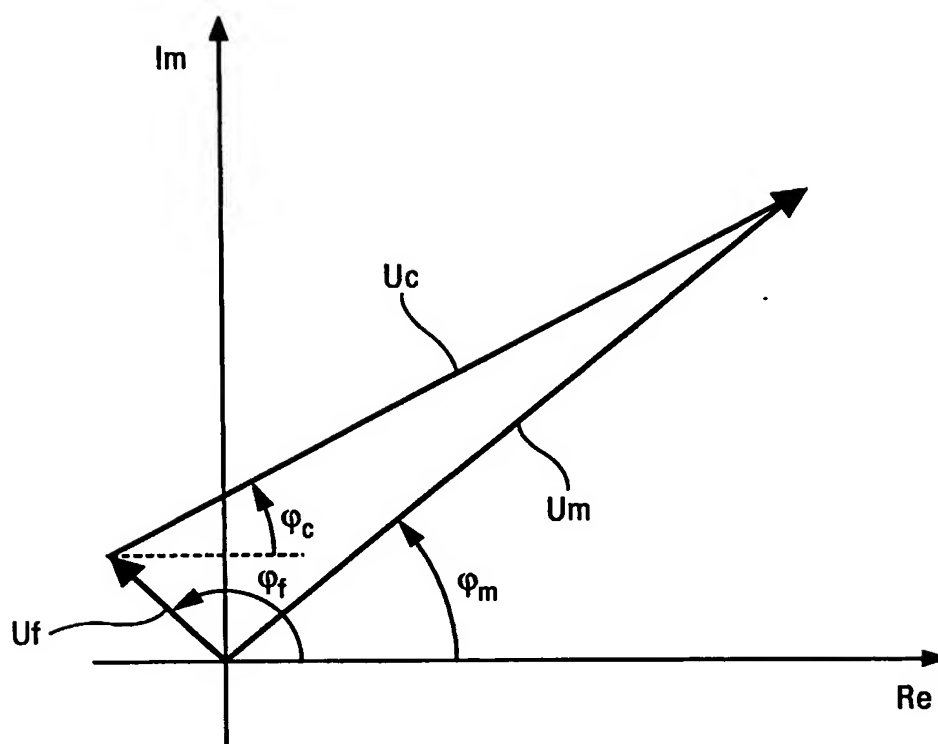


Fig. 6

5/6

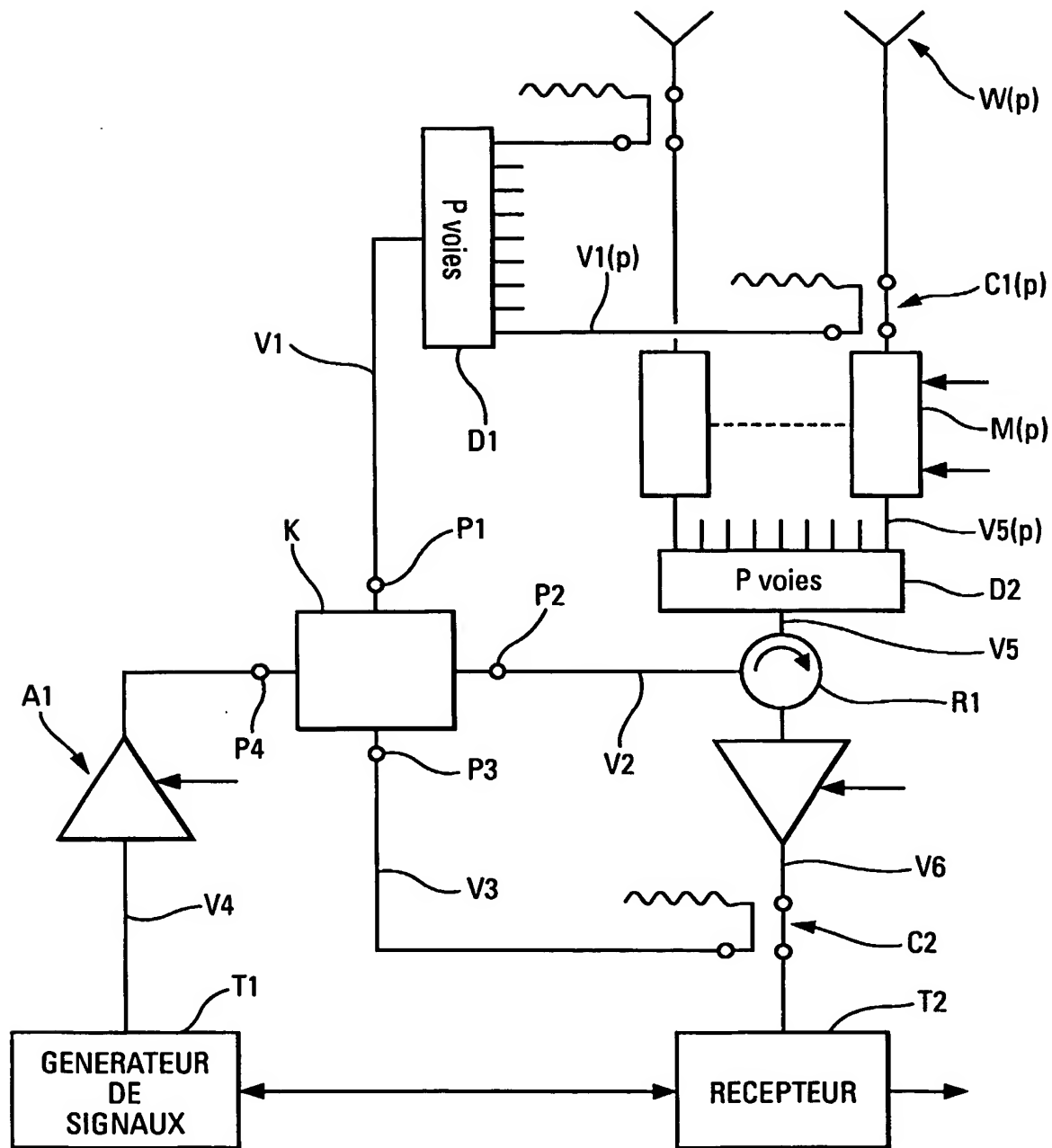


Fig. 7

6/6

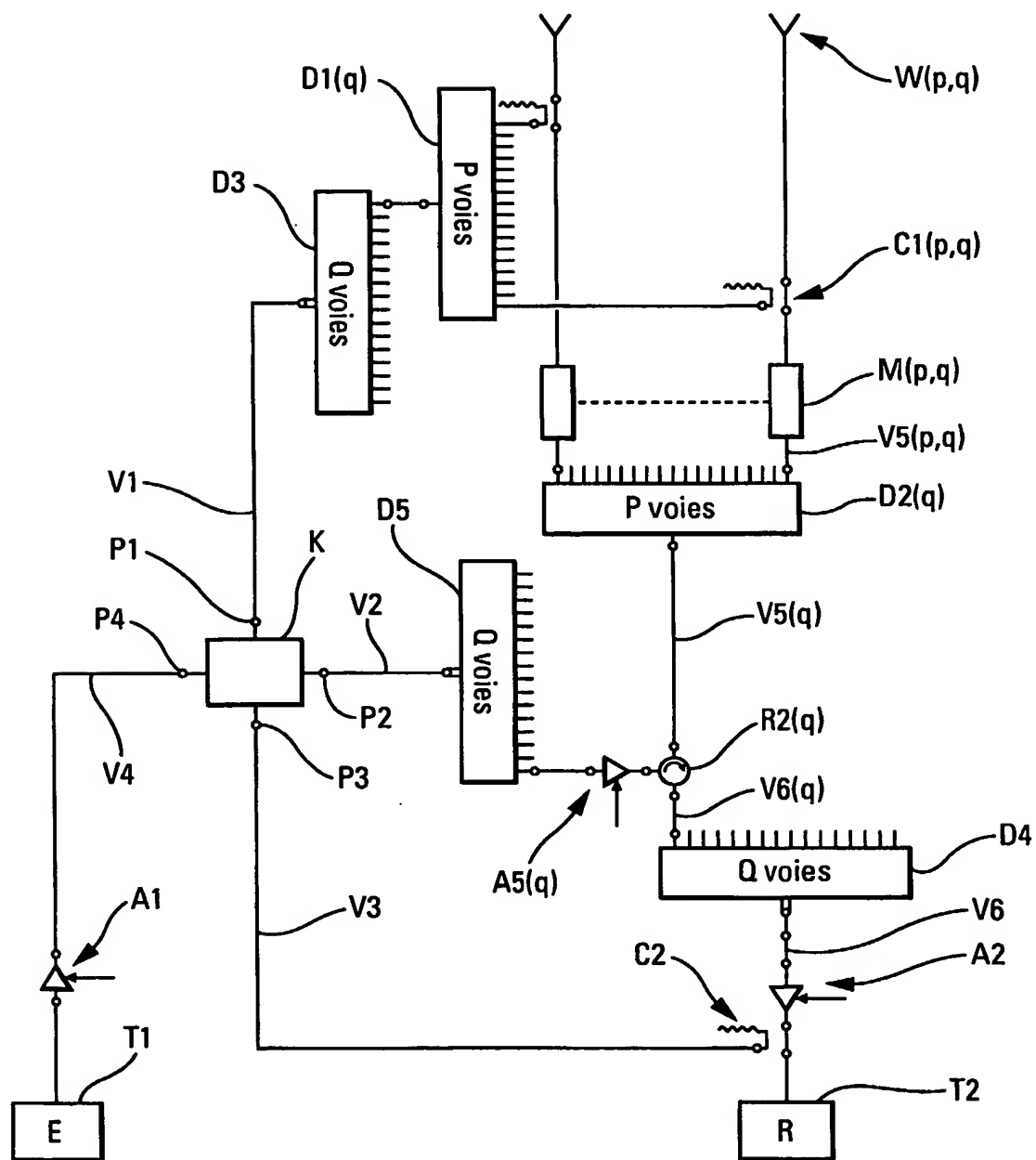


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/50945

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01S7/40 G01R27/28

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01S G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	STERNBERG B K ET AL: "Removal of time-varying errors in network analyser measurements: system design" IEE PROCEEDINGS: SCIENCE, MEASUREMENT AND TECHNOLOGY, IEE, STEVENAGE, HERTS, GB, vol. 149, no. 1, 4 January 2002 (2002-01-04), pages 22-30, XP006017871 ISSN: 1350-2344 the whole document	1-4
X	US 6 147 501 A (CHODORA JASON A) 14 November 2000 (2000-11-14) the whole document	1-4
X	US 6 421 624 B1 (WAGATA HIROTAKA ET AL) 16 July 2002 (2002-07-16) the whole document	1-4
	-/-	



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 Apr11 2004

Date of mailing of the international search report

19/04/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mercier, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/50945

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 412 414 A (AST HARRY C ET AL) 2 May 1995 (1995-05-02) column 8, line 24 -column 16, line 23; figures 2,A,2B,3A,3B,4,5,6,7 ----	1-4
A	EP 0 762 541 A (SIEMENS AG) 12 March 1997 (1997-03-12) column 1, line 29 -column 4, line 25; figures 1,2 ----	1-4
A	WILDEN H: "MICROWAVE TESTS ON PROTOTYPE-T/R-MODULES" RADAR '97. EDINBURGH, OCT. 14 - 16, 1997, IEE CONFERENCE PUBLICATION, LONDON: IEE, GB, vol. NO. 449, 14 October 1997 (1997-10-14), pages 517-521, XP000776899 ISBN: 0-85296-698-9 the whole document ----	1-4
A	EP 0 367 167 A (HUGHES AIRCRAFT CO) 9 May 1990 (1990-05-09) abstract ----	1-4
A	US 6 339 399 B1 (OVESJOE FREDRIK BENGT ET AL) 15 January 2002 (2002-01-15) column 6, line 14 -column 7, line 40; claim 1; figures 4,6 -----	1-4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/50945

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6147501	A	14-11-2000	DE 19828682 A1 GB 2329478 A ,B JP 11118853 A	18-03-1999 24-03-1999 30-04-1999
US 6421624	B1	16-07-2002	CN 1264227 A CN 1339114 T DE 10004628 A1 DE 10083909 T0 JP 2001272428 A WO 0046612 A1	23-08-2000 06-03-2002 14-09-2000 10-01-2002 05-10-2001 10-08-2000
US 5412414	A	02-05-1995	BE 1010979 A4 CA 1339283 C DE 3911373 A1 FR 2730861 A1 GB 2300076 A ,B JP 2629057 B2 JP 8226962 A	02-03-1999 12-08-1997 06-11-1997 23-08-1996 23-10-1996 09-07-1997 03-09-1996
EP 0762541	A	12-03-1997	EP 0762541 A2	12-03-1997
EP 0367167	A	09-05-1990	US 4924232 A AU 617013 B2 AU 4375889 A CA 1337725 C DE 68916509 D1 DE 68916509 T2 EP 0367167 A2 ES 2057058 T3 IL 91880 A JP 2179006 A	08-05-1990 14-11-1991 03-05-1990 12-12-1995 04-08-1994 20-10-1994 09-05-1990 16-10-1994 31-01-1993 12-07-1990
US 6339399	B1	15-01-2002	US 6157343 A AU 691295 B2 AU 2583695 A BR 9507801 A CA 2190258 A1 CN 1150499 A ,B EP 0763266 A1 FI 964654 A JP 10503892 T RU 2147753 C1 WO 9534103 A1	05-12-2000 14-05-1998 04-01-1996 26-05-1998 14-12-1995 21-05-1997 19-03-1997 21-11-1996 07-04-1998 20-04-2000 14-12-1995

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/EP 03/50945

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 G01S7/40 G01R27/28

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G01S G01R

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	STERNBERG B K ET AL: "Removal of time-varying errors in network analyser measurements: system design" IEE PROCEEDINGS: SCIENCE, MEASUREMENT AND TECHNOLOGY, IEE, STEVENAGE, HERTS, GB, vol. 149, no. 1, 4 janvier 2002 (2002-01-04), pages 22-30, XP006017871 ISSN: 1350-2344 le document en entier	1-4
X	US 6 147 501 A (CHODORA JASON A) 14 novembre 2000 (2000-11-14) le document en entier	1-4
X	US 6 421 624 B1 (WAGATA HIROTAKE ET AL) 16 juillet 2002 (2002-07-16) le document en entier	1-4
	--- -/-	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

1 avr11 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

19/04/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Mercier, F

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/EP 03/50945

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 412 414 A (AST HARRY C ET AL) 2 mai 1995 (1995-05-02) colonne 8, ligne 24 -colonne 16, ligne 23; figures 2,A,2B,3A,3B,4,5,6,7 ----	1-4
A	EP 0 762 541 A (SIEMENS AG) 12 mars 1997 (1997-03-12) colonne 1, ligne 29 -colonne 4, ligne 25; figures 1,2 ----	1-4
A	WILDEN H: "MICROWAVE TESTS ON PROTOTYPE-T/R-MODULES" RADAR '97. EDINBURGH, OCT. 14 - 16, 1997, IEE CONFERENCE PUBLICATION, LONDON: IEE, GB, vol. NO. 449, 14 octobre 1997 (1997-10-14), pages 517-521, XP000776899 ISBN: 0-85296-698-9 le document en entier ----	1-4
A	EP 0 367 167 A (HUGHES AIRCRAFT CO) 9 mai 1990 (1990-05-09) abrégé ----	1-4
A	US 6 339 399 B1 (OVESJOE FREDRIK BENGT ET AL) 15 janvier 2002 (2002-01-15) colonne 6, ligne 14 -colonne 7, ligne 40; revendication 1; figures 4,6 -----	1-4

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/EP 03/50945

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6147501	A	14-11-2000	DE 19828682 A1	18-03-1999
			GB 2329478 A ,B	24-03-1999
			JP 11118853 A	30-04-1999
US 6421624	B1	16-07-2002	CN 1264227 A	23-08-2000
			CN 1339114 T	06-03-2002
			DE 10004628 A1	14-09-2000
			DE 10083909 T0	10-01-2002
			JP 2001272428 A	05-10-2001
			WO 0046612 A1	10-08-2000
US 5412414	A	02-05-1995	BE 1010979 A4	02-03-1999
			CA 1339283 C	12-08-1997
			DE 3911373 A1	06-11-1997
			FR 2730861 A1	23-08-1996
			GB 2300076 A ,B	23-10-1996
			JP 2629057 B2	09-07-1997
			JP 8226962 A	03-09-1996
EP 0762541	A	12-03-1997	EP 0762541 A2	12-03-1997
EP 0367167	A	09-05-1990	US 4924232 A	08-05-1990
			AU 617013 B2	14-11-1991
			AU 4375889 A	03-05-1990
			CA 1337725 C	12-12-1995
			DE 68916509 D1	04-08-1994
			DE 68916509 T2	20-10-1994
			EP 0367167 A2	09-05-1990
			ES 2057058 T3	16-10-1994
			IL 91880 A	31-01-1993
			JP 2179006 A	12-07-1990
US 6339399	B1	15-01-2002	US 6157343 A	05-12-2000
			AU 691295 B2	14-05-1998
			AU 2583695 A	04-01-1996
			BR 9507801 A	26-05-1998
			CA 2190258 A1	14-12-1995
			CN 1150499 A ,B	21-05-1997
			EP 0763266 A1	19-03-1997
			FI 964654 A	21-11-1996
			JP 10503892 T	07-04-1998
			RU 2147753 C1	20-04-2000
			WO 9534103 A1	14-12-1995